

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“APLICACIÓN DE LA BISCHOFITA (CLORURO DE
MAGNESIO HEXAHIDRATADO) PARA LA CONSERVACIÓN
DE CAMINOS RIPIADOS EN LA PROVINCIA CERCADO”**

Por:

JAIME ARAMAYO ORTEGA

**ELABORADO EN LA MATERIA DE CIV-502, PROYECTO DE
INGENIERÍA CIVIL II DE LA MENCIÓN DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**

Diciembre del 2013

TARIJA – BOLIVIA

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“APLICACIÓN DE LA BISCHOFITA (CLORURO DE
MAGNESIO HEXAHIDRATADO) PARA LA CONSERVACIÓN
DE CAMINOS RIPIADOS EN LA PROVINCIA CERCADO”**

Por:

JAIME ARAMAYO ORTEGA

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

Diciembre del 2013

TARIJA – BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

Dedicatoria:

A mis padres junto a mi eterno agradecimiento, por su infatigable apoyo, amor y entrega desinteresada, es a ustedes a quienes dedico esta conquista con profundo amor, admiración y respeto.

Pensamiento:

El inteligente no es aquel que lo sabe todo, sino aquel que sabe utilizar lo poco que sabe.

Sebastián Cohen Saavedra

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

PROBLEMA.....2

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS.....3

Objetivo general

Objetivos Específicos

ALCANCE.....4

MEDIOS.....6

METODOLOGÍA

CAPÍTULO I – ASPECTOS GENERALES SOBRE LA BISCHOFITA – USOS Y APLICACIÓN

1.1. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....8

1.1.1. Estabilización Mecánica

1.1.2. Estabilización Química

1.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON BISCHOFITA.....16

1.2.1. Concepto de Bischofita

1.2.2. Producción y proceso de obtención de la Bischofita.....18

1.2.3. Propiedades de la Bischofita.....19

1.2.4. Campo de aplicación de la Bischofita.....20

1.2.5. Comportamiento de suelos estabilizados con Bischofita.....23

1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE PROPORCIONA LA BISCHOFITA.....24

1.3.1. Ventajas

1.3.2. Desventajas

1.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES COMPONENTES.....	25
1.4.1.	Agregados	
1.4.2.	Bischofita.....	26
1.4.3.	Cristalización de la Bischofita.....	27
1.4.4.	Agglomeración de partículas finas	
1.5.	USO DE LA BISCHOFITA COMO ESTABILIZADOR QUÍMICO.....	27
1.6.	PROCESO DE ESTABILIZACIÓN CON BISCHOFITA.....	28
1.7.	CONSERVACIÓN DE CAMINOS ESTABILIZADOS CON BISCHOFITA.....	34

***CAPÍTULO II – INVESTIGACIÓN EN LABORATORIO SOBRE LA
APLICACIÓN DE LA BISCHOFITA***

2.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	35
2.1.1.	Ubicación geográfica del área de estudio	
2.1.2.	Ubicación de los bancos de préstamo y extracción de muestras.....	36
2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
2.2.1.	Bancos de préstamo	
2.2.2.	Caminos ripiados.....	40
2.3.	INVESTIGACIÓN EN LABORATORIO.....	42
2.3.1.	Caracterización de los materiales	
2.3.1.1.	Caracterización de los agregados.....	42
a)	Ensayo de granulometría.....	45
b)	Límites de Atterberg.....	48
c)	Clasificación de suelos.....	51
d)	Compactación (T-180).....	52
e)	Capacidad de soporte (CBR).....	55
f)	Compresión Simple.....	58
2.3.1.2.	Caracterización de la Bischofita.....	59

a) Características Físicas	
b) Composición Química.....	60
2.4. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE LA BISCHOFITA.....	60
2.5. PROCESO DE ESTABILIZACIÓN EN LABORATORIO.....	61
2.5.1. Compactación	
2.5.1.1. Preparación de la muestra	
2.5.1.2. Procedimiento.....	62
2.5.1.3. Aspectos importantes a tomar en cuenta durante el proceso de compactación.....	65
2.5.1.4. Resultados de compactación para las muestras estabilizadas	
2.5.2. Capacidad de soporte (CBR).....	66
2.5.2.1. Procedimiento	
2.5.2.2. Resultados del ensayo de capacidad de soporte.....	70
2.5.3. Compresión simple.....	72
2.5.3.1. Procedimiento	
2.5.3.2. Resultados del ensayo de compresión simple.....	75
2.5.4. Retención de Humedad.....	75
2.6. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO QUÍMICO DE LA MEZCLA SUELO-BISCHOFITA.....	77
2.6.1. Composición química de las arcillas	
2.6.2. Comportamiento de los suelos con y sin la aplicación de Bischofita.....	78
2.6.2.1. pH de las muestras	
2.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	80
2.7.1. Ensayos de laboratorio de las muestras sin aplicación de la Bischofita	
a) Granulometría.....	80
b) Compactación	

c) Capacidad de soporte.....	81
d) Resistencia a la compresión simple	
2.7.2. Ensayos de laboratorio de las muestras con aplicación de la Bischofita.....	82
a) Compactación.....	82
b) Capacidad de soporte.....	89
c) Resistencia a la compresión simple.....	92

***CAPÍTULO III COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE CAPAS DE RODADO
SUELO-BISCHOFITA***

3.1. ESTRUCTURA DE COSTOS.....	97
3.2. MANO DE OBRA.....	97
3.2.1. Precio de la mano de obra.....	98
3.2.2. Alimentación	
3.2.3. Seguridad Industrial.....	99
3.2.4. Beneficios Sociales.....	101
3.3. MAQUINARIA Y EQUIPO.....	104
3.3.1. Combustibles, aceites y lubricantes	
3.3.2. Costo horario de maquinaria y equipo	
3.3.3. Rendimientos de maquinaria.....	105
3.4. COSTO DE MATERIALES.....	105
3.4.1. Precio del material para el ripiado.....	106
3.4.2. Precio de la Bischofita	
3.4.2. Precio de la Bischofita	
3.5. GASTOS GENERALES.....	106
3.6. UTILIDADES	
3.7. PRECIOS UNITARIOS.....	108

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....109

4.2. RECOMENDACIONES.....111

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA